

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：56203

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K06300

研究課題名(和文) 希少淡水魚アユモドキの水田水域への産卵遡上に適する魚道構造の研究

研究課題名(英文) Study on a fishway design suitable for the upstream migration for reproduction of the endangered loach (*Parabotia curtus*) in paddy field areas

研究代表者

高橋 直己 (Takahashi, Naoki)

香川高等専門学校・建設環境工学科・准教授

研究者番号：70706580

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、希少淡水魚アユモドキ(*Parabotia curtus*)の保全に有効な魚道システムについて検討した。研究対象地では、30cm程度の比較的小さな落差と、200cm以上の落差が、対象種の移動断点として存在しており、それらの特性に合わせて2種類の可搬魚道システム(容易に持ち運び、移動断点に適用できる魚道システム)を開発した。飼育個体を用いた遡上実験にて、開発した可搬魚道を対象種が遡上可能であることを確認し、対象種遡上時における魚道内水深・流速特性を明らかにした。また落差200cm以上の現場にて、開発した可搬魚道を用いて、遡上実験にて対象種飼育個体が遡上した流況を再現することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アユモドキが利用可能な魚道構造について検討された事例は少なく、本研究にて開発した魚道を対象種が遡上した際の魚道内水深・流速特性を解明できたことは、対象種に関する保全技術の発展に寄与すると考えられる。また本研究で開発した低コストな可搬魚道システムは、専門知識・技術を持たない市民でも使用することができるため、国の天然記念物である本種の保全において河川・水路管理者と市民との連携を促進するツールとしての活用が期待される。

研究成果の概要(英文)：In this study, we tried to develop effective fishway systems for the conservation of an endangered loach (*Parabotia curtus*). In the study area, relatively small drop of about 30 cm and large drop of over 200 cm exist and obstruct the upstream migration of the target species. We have developed portable fishway systems that can be transported to and applied to the migration obstruction points easily. We confirmed that the target species can swim upstream in the developed portable fishway in a laboratory experiment and clarified the characteristics of the water depth and flow velocity in the fishway. Using the developed portable fishway, we were able to reproduce the flow conditions in which the target species swam upstream in the laboratory experiment at a migration obstruction point with a drop of about 200 cm.

研究分野：水工学, 生態工学

キーワード：環境保全 水田生態系 農業水路ネットワーク 遡上阻害 魚道 アユモドキ

1. 研究開始当初の背景

国の天然記念物や国内希少野生動植物種に指定されているアユモドキ (*Parabotia curtus*) は、繁殖のために河川から氾濫原環境や水田域へ移動する生活史を持つ。水田域では圃場整備が進み、水域の連続性が失われたことが一因となり、アユモドキは絶滅の危機に瀕している (環境省レッドリスト 2020 絶滅危惧 IA 類)。平成 13 年に土地改良法が改正され、水田域での環境配慮が求められているが、大規模な水路改修や恒久魚道の設置は、コストや維持管理の面から希少生物の生息地でも導入が難しい場合が多い。一方で、小型水生動物の移動環境を容易に創出できる可搬魚道システムが高橋らにより提案され<sup>①②</sup>、遊泳能力の低い水生動物が遡上可能であることと、魚道内の水理特性が明らかにされているが、アユモドキがこのような可搬魚道を利用可能であるかについては検証されていない。

2. 研究の目的

本研究では、アユモドキの移動特性と魚道内の水理、および生息地における分布状況を複合的に検討し、産卵遡上に有効な魚道構造を明らかにすることで、アユモドキの保全に活用可能な可搬魚道システムを提案する。

3. 研究の方法

(1) 予備調査にて、アユモドキの産卵遡上期における対象種の分布状況と移動阻害地点を確認した結果、研究対象地では、30cm 程度の比較的小さな落差と、200cm 以上の大きな落差が、移動断点として存在することが判明した。そこで本研究では、移動阻害地点の特性に合わせ、2 種類の可搬魚道を用いた (以降の説明では、それらを水路型可搬魚道および V 型可搬魚道と呼ぶ)。水路型可搬魚道は目安として魚道設置角  $\theta=15^\circ$  以下の条件、V 型可搬魚道は  $\theta=15^\circ$  以上の条件での使用を想定している。前者は水路-水田間などの比較的小さな落差部での運用に、後者は堰堤などの比較的大きな落差部での運用に適している。本研究では、室内実験にて可搬魚道内の流速特性を明らかにし、アユモドキの遡上結果と合わせて分析することで、対象種が遡上可能かを確認した。

(2) 遡上実験では、滋賀県立琵琶湖博物館にて飼育されているアユモドキ (体長約 6~9cm) を供試魚として用いた。供試魚 4~5 個体の遡上状況を 30 分間観察した後、魚道内の流速および水深を測定した。本実験は図 1 に示す水路型可搬魚道 (魚道長  $L=140\text{cm}$ ) を用いて、表 1 (Case 1) の条件にて実施した。また V 型可搬魚道についても、対象種が魚道内隔壁を越えて遡上できるかを検証した。遡上実験により得られた、魚道内の撮影データを用いて対象種の挙動を分析した。

(3) 室内実験では、3次元電磁流速計 (KENEK VP3500) を用いて魚道内流速を測定した。水深測定には、ポイントゲージを用いた。水路型可搬魚道を用いた室内実験の条件を表 1 に示す。Case 1 は遡上実験におけるアユモドキ遡上時の条件である。流速・水深の測点を図 2 に示す。図中の  $Z$  は魚道床を基準とする高さを示し、 $Z=1.5\sim 7\text{cm}$  で測定を行った。V 型可搬魚道を用いた室内実験における、流速の平面方向の測点を図 3 に示す。V 型可搬魚道に関する実験条件は、隔壁設置間隔  $L_p=20\text{cm}$ 、 $\theta=15^\circ$ 、 $Q=0.76\text{L/s}$  である。



図 1 遡上実験の装置

表 1 実験条件

Case	流量 $Q$ (L/s)	ブロック数 $n$ (個)	魚道設置角 $\theta$ ( $^\circ$ )
1	3.8	4	7
2	3.8	6	15

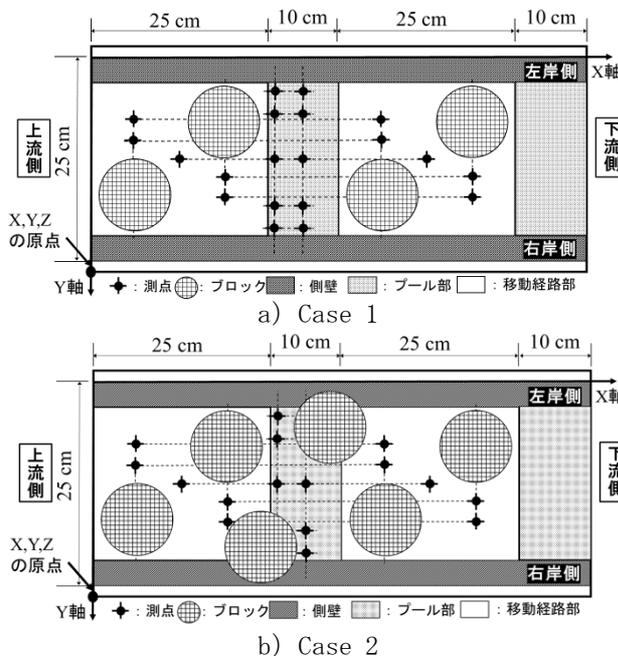


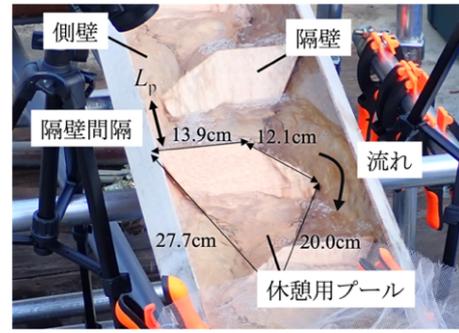
図 2 水路型可搬魚道の平面図

#### 4. 研究成果

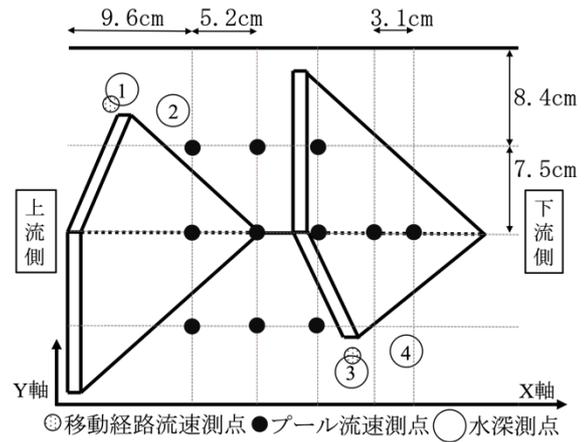
(1) 遡上実験において、Case 1 の実験条件にてアユモドキの遡上が確認された。魚道内プールで休憩するアユモドキを、図 4 に示す。実験時の映像を分析した結果、魚道内ブロックと側壁との隙間など、狭い空間に進入する傾向がみられた。室内実験より得られた魚道内流速分布 (Case 1) を図 5 に示す。魚道内の最大流速  $v_{max}$  は 88.8 cm/s であった。アユモドキの遊泳能力は解明されていないが、本実験により、表 1 (Case 1) の実験条件にて、体長約 6~9cm のアユモドキ飼育個体が図 2 (Case 1) の魚道を遡上可能であることが確認された。V 型可搬魚道についても、魚道下流端から、第 1 隔壁を越えて魚道内を遡上する様子が観察された。

(2) 図 6 に Case 2 の魚道内流速分布を示す。 $v_{max}$  は 75.9 cm/s であり、Case 1 の最大流速を下回っていた。また、遡上中の水生動物の休憩箇所となる魚道内プール部では、移動経路部よりも緩やかな流れが創出されており、アユモドキ遡上時の設置条件である Case 1 と類似した流速分布となった。移動経路上の水深は、Case 1, Case 2 共に約 5~7cm であり、いずれもアユモドキ天然個体の推定体高 2.5cm (現場での観察もとづく値) 以上の水深を確保できていた。以上のことから、魚道設置角  $\theta$  を大きくした場合もブロック数  $n=6$  の構造を用いることで、流量  $Q=3.8$  L/s の条件下では、 $\theta=15^\circ$  まではアユモドキが遡上可能な流速場を創出可能であると推測された。

(3) V 型可搬魚道における、平面および縦断面の魚道内流速分布と、移動経路の水深分布を図 7~図 9 に示す。魚道内流速は、水路型可搬魚道においてアユモドキが遡上した際の最大流速  $v_{max}=89$ cm/s 以下となった。また、水深はアユモドキ天然個体の推定体高 2.5cm 以上となった。このことから、比較的大きな魚道設置角  $\theta$  での運用が可能な V 型可搬魚道<sup>①</sup>にて、アユモドキが遡上可能な流速場を創出できたと推測される。また、図 8 より、プール内には水路型可搬魚道におけるアユモドキ遡上時と同程度の低流速域が形成されており、対象種が休憩可能であると示唆された。



a) 魚道内部構造



b) 平面図

図 3 V 型可搬魚道の内部構造と平面図



図 4 魚道内プールで休憩するアユモドキ

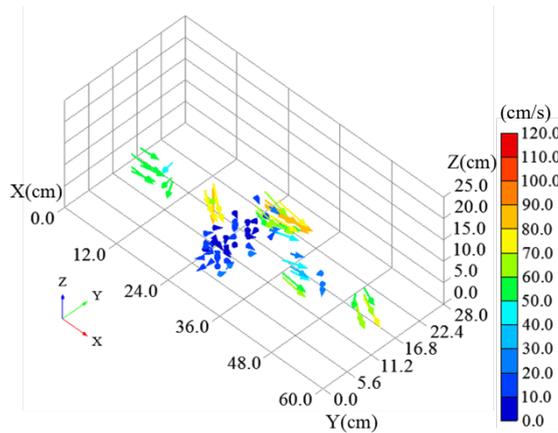


図 5 魚道内流速分布 (Case 1)

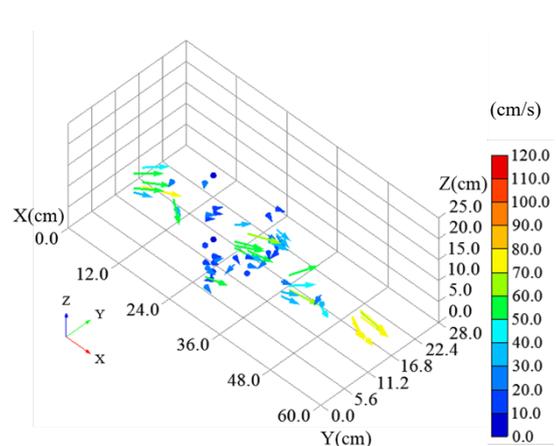


図 6 魚道内流速分布 (Case 2)

(4) 本研究では、現場における対象種の生息数が少ないことと、さまざまな制約により現地実験の時間が制限されることから、現時点では現場に設置した可搬魚道におけるアユモドキ天然個体の遡上を確認できていない。しかし遡上実験や水理実験による魚道構造の開発・改良と、現場における関係者との連携により、図10のように200cmを越える高さに可搬魚道を設置し、遡上実験における対象種飼育個体遡上時の流況を再現するところまで、研究を進められている。今後も研究対象地にて関係者の協力を得ながら継続的に現地実験に取り組み、本研究で開発した魚道システムの現場における効果検証と改良に取り組みたい。

<引用文献>

- ①高橋直己, 木下兼人, 齋藤 稔, 柳川竜一, 多川 正: 実河川におけるV形断面可搬魚道を用いた水生動物の遡上と魚道内流速特性, 土木学会論文集B1(水工学), Vol. 75, No. 2, I\_565-I\_570, 2019.
- ②高橋直己, 三澤有輝, 本津見桜, 柳川竜一, 多川 正, 中田和義: 農業水路に適用可能な可搬魚道システムの提案, 農業農村工学会論文集, No. 312(89-1), pp. I\_29-I\_35, 2021.

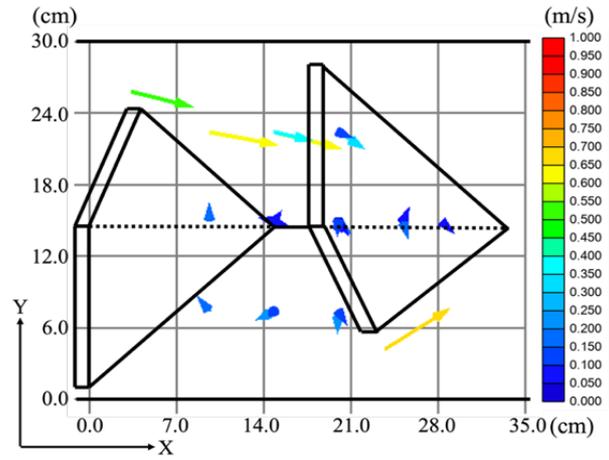


図7 魚道内流速分布 (平面図)

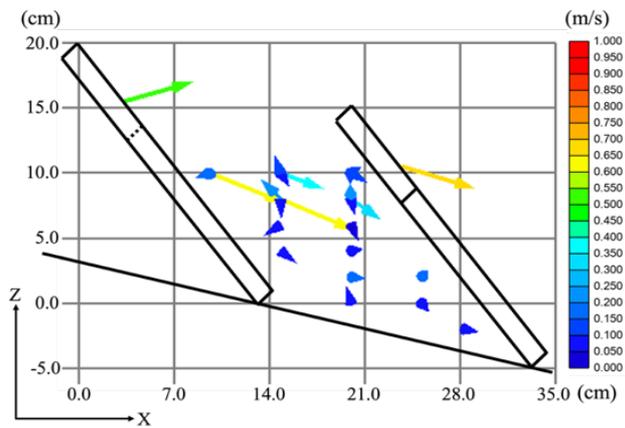


図8 魚道内流速分布 (縦断面図)

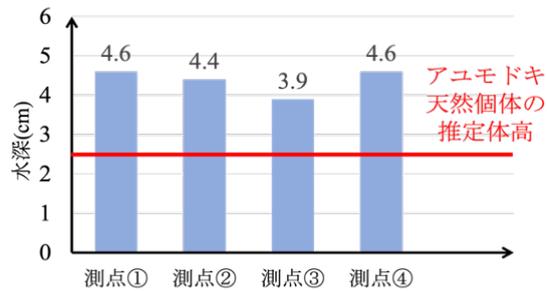


図9 魚道内水深分布

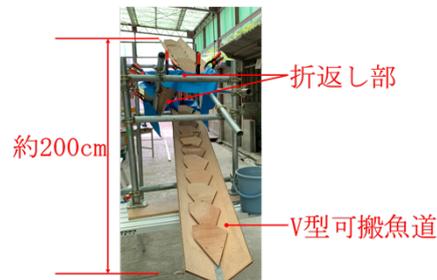


図10 約200cmの落差部に設置可能なV型可搬魚道

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 植松俊矢, 濱口充幹, 小林圭, 高橋直己, 金尾滋史, 中田和義
2. 発表標題 V形断面可搬魚道における隔壁形状の検討-アユモドキを対象として-
3. 学会等名 第13回琵琶湖地域の水田生物研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 濱口充幹, 横山七海, 高橋直己, 柳川竜一, 多川正, 金尾滋史, 中田和義
2. 発表標題 アユモドキの遡上障害箇所に適用可能な可搬魚道システムの流速特性
3. 学会等名 第71回農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林圭, 高橋直己, 柳川竜一, 多川正, 中田和義
2. 発表標題 水田域魚類の遊泳速度に着目した可搬魚道内流況の分析と内部構造の改良
3. 学会等名 第71回農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 濱口充幹, 高橋直己, 柳川竜一, 多川正
2. 発表標題 アユモドキの遡上に適したV形断面可搬魚道構造の検討
3. 学会等名 土木学会四国支部第28回技術研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mitsuki Hamaguchi, Naoki Takahashi, Kazuyoshi Nakata
2. 発表標題 Experimental Investigation on Portable Fishway Structure for Upstream Migration of the Kissing Loach ( <i>Parabotia curtus</i> )
3. 学会等名 PAWEES2022 International Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kei Kobayashi, Naoki Takahashi, Kazuyoshi Nakata
2. 発表標題 Flow condition analysis of a portable fishway at a steep slope section in agricultural channels to reduce the load of fish during upstream migration and rest
3. 学会等名 PAWEES2022 International Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 横山七海, 高橋直己, 金尾滋史, 中田和義, 柳川竜一, 多川 正
2. 発表標題 希少淡水魚アユモドキが利用可能な可搬魚道の設置角に関する実験的検討
3. 学会等名 第70回農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横山七海, 木下兼人, 高橋直己, 金尾滋史, 三澤有輝, 中田和義, 柳川竜一, 多川正
2. 発表標題 希少淡水魚アユモドキが利用可能な可搬魚道構造に関する実験的検討
3. 学会等名 第69回農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	中田 和義  (Nakata Kazuyoshi)  (70431343)	岡山大学・環境生命科学研究科・准教授   (15301)	
研究 分担者	金尾 滋史  (Kanao Shigefumi)  (70618321)	滋賀県立琵琶湖博物館・研究部・主任学芸員   (84202)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------